Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 4, Oct- Nov 2019, p. 485-496

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 4، مهر - آبان 1398، ص. 496-485

بررسی تأثیر پیش‌تیمارهای میدان الکتریکی پالسی و ریزموج بر برخی از خصوصیات روغن و کنجاله حاصل از دان سیاه

نازنین مریم محسنی[1]- حبیب الله میرزایی[2*]- معصومه مقیمی[3]

تاریخ دریافت: 1397/05/03
تاریخ پذیرش: 1398/02/04

چکیده

یکی از محبوب‌ترین روش‌ها برای استخراج روغن از دانه‌های روغنی در سراسر جهان پرس مکانیکی می‌باشد. در این تحقیق به‌منظور بررسی فرایند استخراج روغن از دان سیاه از پیش‌تیمارهای میدان الکتریکی پالسی (با شدت‌های مختلف میدان الکتریکی (250 kV/m و 500)، با تعداد پالس 30) و ریزموج (با توان 900 واتی برای مدت زمان‌های 100 و 200 ثانیه) استفاده گردید و بعد از اعمال این پیش‌تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی و با سرعت 34 دور در دقیقه استخراج شد و میزان راندمان فرایند استخراج، ضریب شکست، ترکیبات فنولی، پایداری اکسایشی روغن، پروتئین و خاکستر کنجاله در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از پیش‌تیمارهای ریزموج و میدان الکتریکی پالسی در زمان‌ها و شدت‌های پایین‌تر منجر به افزایش راندمان استخراج روغن، پروتئین و خاکستر کنجاله گردید. ولی با افزایش زمان ریزموج و همچنین شدت میدان الکتریکی پالسی، میزان آنها کاهش یافت. تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از ضریب شکست روغن‌ها نیز نشان داد که نوع پیش‌تیمار بر ضریب شکست روغن‌ها تأثیر معنی‌دار نداشت (P>0/05) و میزان ضریب شکست برای تمامی نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر 1/478 بود. استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف، افزایش فنول کل و همچنین پایداری اکسایشی روغن‌ها را در پی داشت به‌گونه‌ایی که بیشینه میزان فنول کل و پایداری اکسایشی از پیش‌تیمار میدان الکتریکی پالسی با شدت میدان 500 kV/m به‌دست آمد. در پایان، نتایج این مطالعه مشخص کرد که استفاده از پیش‌تیمارهای ریزموج (برای 100 ثانیه) و میدان الکتریکی پالسی (با شدت میدان الکتریکی 250 kV/m) می‌تواند در استخراج روغن از دان سیاه به علت افزایش راندمان استخراج روغن و پروتئین کنجاله و همچنین افزایش ترکیبات مفید موجود در روغن بسیار مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: استخراج روغن، دان سیاه، ریزموج، کنجاله، میدان الکتریکی پالسی

مقدمه

دان سیاه با نام علمی *Guizotia abyssinica Cass* و نام انگلیسی Niger از خانواده Asteraceae، گیاهی دو لپه و یک ساله می‌باشد (Riley and Belayneh, 1989). این گیاه به دلیل میزان عملکرد پایین تولید در کشورهای دیگر، در صنعت روغن مورد توجه و بحث قرار نگرفته است. دان سیاه عمدتاً در کشور اتیوپی و هند کشت و در سطح کمتری در چندین کشور آفریقایی، آسیایی و در آمریکا یافت می‌شود. دان سیاه در اروپا، آمریکا، کشورهای حاشیه خلیج فارس و ایران به‌عنوان غذای پرنده مصرف می‌گردد (Melaku, 2015). در منابع مختلف، میزان روغن استخراجی از بذور این گیاه از 37 تا 50 درصد عنوان شده است. بیشترین اسید چرب غیراشباع آن لینولئیک اسید به‌همراه اولئیک اسید و بیشترین اسید چرب اشباع آن اسید پالمیتیک و اسید استئاریک می‌باشد. ترکیب اسید چرب روغن این گیاه مشابه روغن گلرنگ و آفتابگردان (البته با درصد بالایی از لینولئیک اسید که ممکن است به بالای 85 درصد هم برسد) می‌باشد. روغن دان سیاه می‌تواند جانشینی برای روغن زیتون و روغن کنجد با هدف داروسازی باشد و در تهیه رنگ، صابون، گریس و در عطرسازی به‌عنوان حامل بو به‌کار رود (واثقی و دوازده امامی، 1394). همچنین، این روغن دارای درصد بالایی از مواد آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Ramadan and Morsel, 2003). کنجاله بذر آن پس از روغن‌کشی فاقد هر گونه مواد سمی و دارای حدود 35 درصد پروتئین و 23 درصد فیبر خام است (Pradhan *et al*., 1995) که می‌تواند در تغذیه دام و طیور، احیاناً انسان و حتی به‌عنوان کود کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد (Adarsh *et al*., 2014). به‌طور کلی پرس مکانیکی یکی از

1- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.
2- دانشیار گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
گروه شیمی، واحد گنبد کاووس، دانشگاه آزاد اسلامی، گنبد کاووس، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: mirzaeii.habib@gmail.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v15i4.74361

محبوب‌ترین روش‌ها برای استخراج روغن از دانه‌های روغنی گیاهی در سراسر جهان است (بخش آبادی، 1396). افزایش دما سبب استخراج بیشتر و سریع‌تر روغن از دانه و موثر شدن فرآیند استخراج می‌گردد (Rostami *et al*., 2014). امواج ریزموج، امواج الکترومغناطیسی غیریونیزه با فرکانس بین300 مگاهرتز تا 300 گیگاهرتز هستند و میان امواج رادیویی و مادون قرمز در طیف الکترومغناطیسی قرار دارند که از دو میدان عمودی نوسانی یعنی میدان الکتریکی و مغناطیسی ساخته می‌شوند. حرارت‌دهی معمولی وابسته به پدیده هدایت- جابجایی بوده و در نتیجه مقدار زیادی از انرژی حرارتی از طریق محیط از دست می‌رود در حالی‌که با این امواج، حرارت‌دهی در یک مسیر مشخص و انتخابی و بدون اتلاف حرارت به محیط اتفاق می‌افتد، یعنی همانند حرارت‌دهی که در یک سیستم بسته صورت می‌گیرد. اصول حرارت‌دهی با ریزموج، بر اساس تأثیر مستقیم امواج با حلال و مواد قطبی بوده و به‌وسیله دو پدیده انتقال یونی و چرخش دوقطبی اثر می‌گذارد که در بیشتر موارد هم‌زمان اتفاق می‌افتد (Bakhshabadi *et al*., 2017؛ Mandal *et al*., 2007). از پژوهش‌هایی که از ریزموج در استخراج روغن استفاده نمودند می‌توان به مطالعات Momeny و همکاران (2012)، Cravotto و همکاران (2007)، Jiao و همکاران (2014) و Qu و همکاران (2013) اشاره نمود که نتایج این مطالعات مشخص گردادند که استفاده از ریزموج‌ها منجر به بهبود راندمان استخراج و خواص کیفی روغن می‌شود. افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان برای دستیابی به محصولات با کیفیت بالاتر و با حداقل اتلاف مواد مغذی نسبت به روش‌های مرسوم حرارتی، استفاده از روش‌های غیرحرارتی از جمله استفاده از میدان‌های الکتریکی پالسی را افزایش داد (Quass, 1997). خواستگاه استفاده از این فرایند را می‌توان به تحقیقاتی که توسط دئون اسپک صورت گرفت، نسبت داد (Barbosa-Canovas, and Zhang, 2001). با استفاده از میدان‌های الکتریکی پالسی به علت افزایش در نفوذپذیری سلول‌ها، میزان راندمان استخراج روغن افزایش می‌یابد که قابل قبول‌ترین نظریه پذیرفته شده درباره نحوه عملکرد روش میدان الکتریکی پالسی (PEF[1]) با مدل الکترومکانیکی معرفی شده توسط زیمرمن و همکاران در سال 1974 تطابق دارد. زمانی که اختلاف پتانسیل به حد بحرانی رسید، نیروی جاذبه بین بارهای با قطب‌های مخالف خود سبب غالب شدن نیروهای الکترومکانیکی و آسیب دیدن غشاء الاستیک می‌شود و به این ترتیب منافذی در غشاء به وجود می‌آید که این پدیده را نفوذپذیری الکتریکی یا الکتروپوراسیون[2] گویند (Asavasanti et al., 2011). پژوهش‌گران زیادی تأثیر میدان الکتریکی پالسی را به‌عنوان پیش‌تیمار در حین استخراج ترکیبات مختلف، مورد مطالعه قرار دادند وگزارشات آن‌ها حاکی از تأثیر مثبت این فرایند بر خواص کیفی و حسی عصاره یا روغن استخراج شده داشت (Guderjan *et al*, 2005; 2007). با توجه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه پژوهشی در زمینه استخراج روغن از دان سیاه با پیش‌تیمارهای ریزموج و میدان الکتریکی پالسی و مقایسه این روش‌ها با یکدیگر صورت نگرفته است و از طرفی استفاده از این پیش تیمارها منجر به بهبود راندمان و خواص کیفی روغن می‌شود، به‌همین دلیل در پژوهش حاضر سعی شد تأثیر این پیش‌تیمارها را بر برخی از خصوصیات روغن و کنجاله دان سیاه، مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش دان سیاه (حاوی 40 درصد روغن) از بازار محلی استان فارس (ایران) تهیه شد. سپس مواد خارجی از قبیل بذر علف‌های هرز، شن و سنگ توسط دست جدا گردید و جهت انجام آزمایشات به آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گنبد کاووس و آزمایشگاه فناوری‌های نوین پژوهشکده صنایع غذایی منتقل شد. مواد شیمیایی مانند اسید سولفوریک، هگزان، سولفات مس و سولفات پتاسیم از شرکت‌های معتبر مرک و سیگما تهیه شد. تجهیزات مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از الک آزمایشگاهی، دسیکاتور، آون آزمایشگاهی (Memert، آلمان)، ترازوی دیجیتال(Gec Avery، انگلستان)، رفراکتومتر (Abbe، کروز، آلمان)، دستگاه ریزموج (LG، کره جنوبی)، دستگاه میدان الکتریکی پالسی ساخته شده در پژوهشکده صنایع غذایی ایران و پرس مارپیچی آزمایشگاهی (Kern Kraft، آلمان).

اعمال پیش‌تیمار روی دانه‌ها و استخراج روغن

برای این منظور دانه‌ها تحت تأثیر پیش‌تیمارهای ریزموج با توان 900 وات و زمان‌های مختلف فرایند (100و 200 ثانیه) و میدان الکتریکی پالسی با دو سطح شدت میدان الکتریکی (250 و 500 kV/m و با 30 پالس) قرار گرفتند (Bakhshabadi *et al*., 2017; Guderjan *et al*., 2005; Kittiphoom & Sutasinee, 2015; Uquiche *et al*., 2008). بعد از اعمال این تیمارها، روغن دانه‌ها با پرس مارپیچی و با سرعت 34 دور در دقیقه استخراج شد و روی این روغن‌ها آزمایشات مختلف، صورت گرفت. نوع تیمار و حروف اختصاری مورد استفاده در مورد هر نمونه در جدول 1 آورده شده است.

---
1 pulsed electric field
2 Electroporation

جدول 1- پیش‌تیمارها و حروف مورد استفاده برای هر نمونه

نوع تیمار	ریزموج (ثانیه)	میدان الکتریکی پالسی (kV/m)
Control	صفر	صفر
T100MW	100	صفر
T200MW	200	صفر
E250PEF	0	250
E500PEF	0	500

محاسبه راندمان استخراج روغن (راندمان روغن‌کشی)

با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت 0/01 و با استفاده از معادله 1 به‌دست آمد.

(1) 100× گرم وزن دانه/ گرم روغن به‌دست آمده= درصد راندمان

اندازه‌گیری ضریب شکست

ضریب شکست روغن‌ها با دستگاه رفراکتومتر و در دمای 25 درجه سانتی‌گراد و مطابق روشAOCS Cc 7-25 (1993) تعیین گردید.

تعیین میزان ترکیبات فنولی کل

محتوای فنولی کل با روش رنگ‌سنجی و با استفاده از معرف فولین سیوکالتو تعیین شد. به این منظور یک گرم از هر نمونه با سه میلی‌لیتر محلول متانول: آب (به نسبت 90 به 10) مخلوط و به مدت 4 دقیقه همزده شد و سپس به مدت 5 دقیقه در سانتریفوژ با دور 3000 دور در دقیقه قرار گرفت و 20 میکرولیتر از فاز بالای استخراج متانولی با 8/2 میلی‌لیتر آب و 0/5 میلی‌لیتر معرف فولین مخلوط و بعد از 5 دقیقه یک میلی‌لیتر کربنات سدیم 10 درصد به مخلوط فوق اضافه و به مدت یک ساعت در دمای اتاق و درجای تاریک قرار داده شد. پس از این مدت، جذب نمونه‌ها در دمای اتاق با دستگاه اسپکتروفتومتر ماورای بنفش در 765 نانومتر قرائت گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از اسید گالیک (صفر تا 1000 میکروگرم در میلی‌لیتر) استفاده شد و محتوای فنولی کل به‌صورت میلی‌گرم اسید گالیک در هر کیلوگرم نمونه گزارش شد (Bail *et al*., 2008).

تعیین میزان پایداری اکسایشی

جهت تعیین میزان پایداری روغن در برابر اکسایش، از دستگاه رنسیمت و روش AOCS Cd 12b-92 (1993) استفاده گردید. اساس کار بر مبنای تغییر هدایت الکتریکی آب موجود در محفظه دستگاه از طریق ترکیبات حاصل از واکنش اکسایش روغن موجود در سل دستگاه است. پس از روشن نمودن گرم‌کننده دستگاه و رسیدن دمای آن به 110 درجه سانتی‌گراد، دقیقاً 3 گرم نمونه روغن در درون محفظه واکنش بدون تماس با دیواره منتقل گردید. لوله‌های ویژه هوادهی در داخل محفظه واکنش قرار گرفت و درب آن‌ها بسته شد. سل‌های ویژه با آب دارای هدایت الکتریکی کمتر از 5 میکرو زیمنس پر گردیدند (60 میلی‌لیتر) و با استفاده از رابطهای ویژه به سل‌های حاوی روغن متصل شدند. با استفاده از نرم‌افزار رایانه متصل به دستگاه، پمپ ورودی هوا روشن گردید. سرعت جریان هوای ورودی 20 لیتر بر ساعت تنظیم شد. با عبور جریان هوا از درون سل‌های حاوی روغن سبب اکسایش آن‌ها شده و ترکیبات ناشی از این فرآیند از طریق رابطهای ویژه به درون محفظه آب موجود در دستگاه منتقل شده و موجب افزایش هدایت الکتریکی آب می‌گردند. پس از گذشت زمان، نمونه‌های روغن کاملاً اکسیده شده و منحنی رسم شده توسط دستگاه به یک‌باره افزایش می‌یابد زمان مذکور توسط دستگاه ثبت می‌گردد در این حالت دستگاه به‌صورت اتوماتیک جریان هوا را قطع کرده و نتیجه نهایی را به‌صورت نمودار نشان می‌دهد. منحنی بر حسب زمان (ساعت) و هدایت الکتریکی (میکروزیمنس) برای هر کانال به‌صورت جداگانه رسم می‌گردد. جهت محاسبه میزان پایداری اکسایشی، خطوط مماس بر نقطه شکست نمودار رسم گردید. محل تقاطع این خطوط مماس بر محور افقی (زمان) میزان پایداری و مقاومت نمونه روغن بر اساس ساعت می‌باشد.

اندازه‌گیری پروتئین

میزان ازت در دانه‌ها با استفاده از دستگاه کجلدال تمام اتوماتیک و بر اساس روش AOAC 990-03 (2008) اندازه‌گیری شد که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون بود. پس از تیتراسیون مقدار ازت با استفاده از رابطه ذیل محاسبه و با استفاده از ضریب تبدیل 6/25، میزان پروتئین محاسبه گردید.

(2) 100× وزن نمونه/ (14/008× عدد تیتر)= درصد ازت

تعیین میزان خاکستر

مقدار خاکستر بر اساس روش AOAC 942-05 (2008) و با کوره الکتریکی در دمای 550-500 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد.

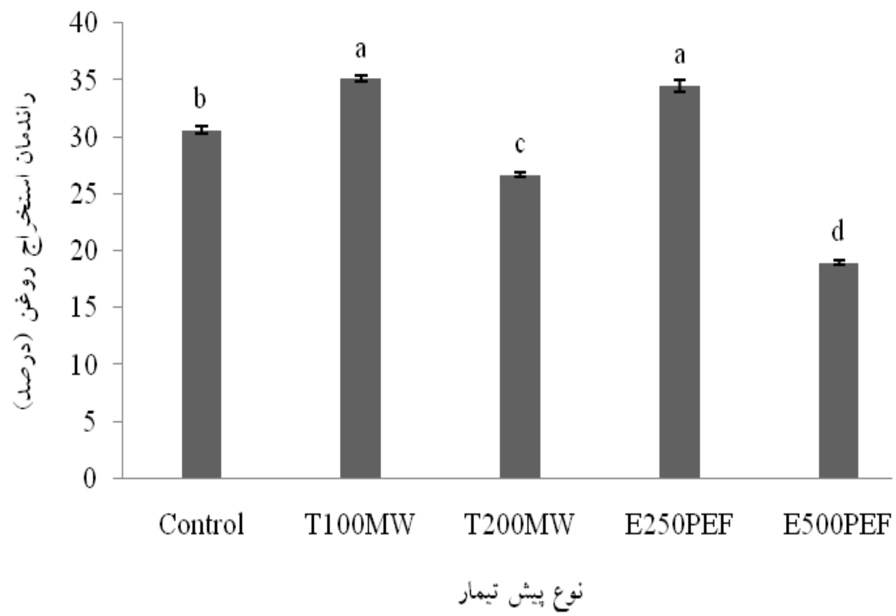
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی ساده با 3 تکرار انجام گردید. از نرم‌افزار SAS 9,3,1 برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح 5 درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر راندمان استخراج روغن

مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن (شکل 1) نشان داد که استفاده از پیش‌تیمارهای ریزموج و میدان الکتریکی پالسی در زمان‌ها و شدت‌های پایین‌تر منجر به افزایش راندمان استخراج گردید. ولی با افزایش زمان ریزموج و همچنین شدت میدان الکتریکی پالسی، راندمان استخراج روغن کاهش یافت به‌گونه‌ایی زمانی که از میدان الکتریکی پالسی با شدت میدان الکتریکی 500 kV/m استفاده شده بود، کمترین راندمان استخراج را داشت. افزایش راندمان استخراج روغن با استفاده از ریزموج می‌تواند به شکستگی بیشتر یا از هم پاشیدگی سلول‌های حاوی روغن در طول تیمار با ریزموج در ارتباط باشد (Bakhshabadi, *et al.*, 2017; Uquiche, *et al.*, 2008).



شکل 1- تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بر میزان راندمان استخراج روغن دان سیاه

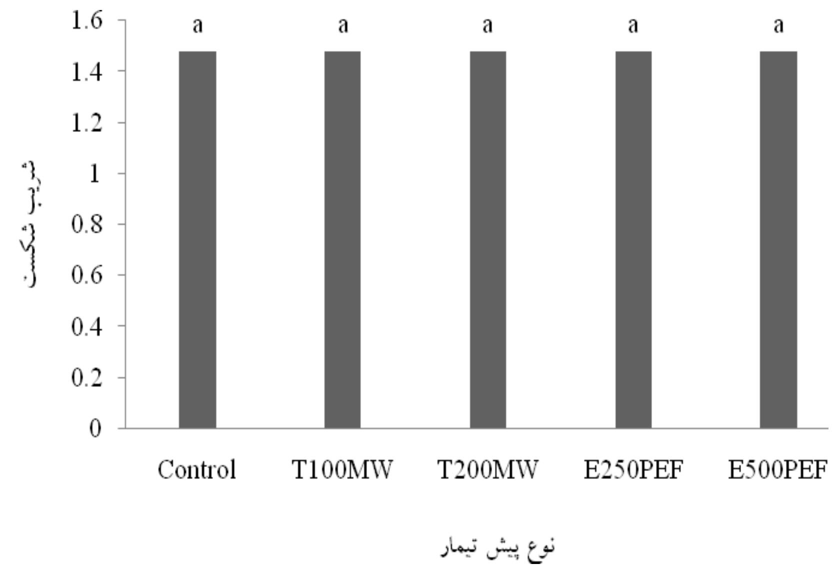
(حروف انگلیسی مختلف در بالای هر ستون نشان از وجود اختلاف معنی داری در سطح 1 درصد می‌باشد)

همچنین Mohamedand Awatif (1998) گزارش کرد که بهبود راندمان استخراج روغن به‌واسطه حرارت‌دهی با ریزموج‌ها می‌تواند ناشی از تخریب ترکیبات پروتئینی نیز باشد. نتایج این بخش با یافته‌های Nde و همکاران (2015) مطابقت داشت. علت افزایش راندمان استخراج روغن با استفاده از میدان الکتریکی پالسی را می‌توان به اثر تجزیه‌شوندگی الکتریکی سلول‌ها و نفوذپذیری بیشتر آن‌ها نسبت داد (Schroeder *et al*., 2009). نتایج این بخش Bakhshabadi و همکاران (2018) مطابقت داشت. کاهش راندمان استخراج روغن را با افزایش بیش از حد زمان ریزموج و همچنین شدت میدان الکتریکی را نیز احتمالاً می‌توان به تخریب بیشتر ساختار درونی دانه‌ها و بسته شدن مجاری خروجی روغن نسبت داد. بخش آبادی و همکاران (1396) بیان داشتند که استفاده از شدت‌های بالای میدان الکتریکی منجر به کاهش راندمان استخراج روغن می‌شود که نتایج این بخش موید نتایج آنها بود. مقیمی و همکاران (1397)، اثر زمان فرایند ریزموج (صفر، 30، 60، 90، 120، 150، 180، 210، 250 و270 ثانیه) را بر پایداری اکسایشی و برخی خصوصیات کمی و کیفی روغن استخراج شده از دانه‌های کلزا مورد مطالعه قرار دادند و بیان داشتند که با افزایش زمان ریزموج تا 240 ثانیه، راندمان استخراج

روغن افزایش ولی با افزایش بیشتر زمان فرایند منجر به کاهش راندمان استخراج روغن شد.

تأثیر نوع پیش‌تیمار بر ضریب شکست روغن‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از ضریب شکست روغن‌ها نشان داد که نوع پیش‌تیمار بر ضریب شکست روغن‌ها تأثیر معنی‌دار نداشت ($P>0/05$) و میزان ضریب شکست برای تمامی نمونه‌های اندازه‌گیری شده برابر 1/478 بود (شکل 2). ضریب شکست اغلب به‌عنوان ملاکی از خلوص روغن استفاده می‌گردد. این پارامتر با افزایش طول زنجیر (گرچه رابطه خطی نیست) و درجه غیراشباعیت افزایش می‌یابد. روغن‌ها و چربی‌های مختلف ضریب شکست خاص خود را دارند لذا این ویژگی، برای تشخیص هویت و تعیین خلوص روغن‌ها و چربی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ضریب شکست در کنترل پیشرفت واکنش‌ها نظیر هیدروژناسیون و ایزومریزاسیون کاتالیزوری روغن‌ها مفید است. همچنین برای تشخیص اکسایش روغن نیز از ضریب شکست استفاده می‌شود درجه حرارت و اشباعیت از عوامل مؤثر بر ضریب شکست هستند (Uquiche *et al.*, 2008). یافته‌های این پژوهش با یافته‌های Tale Masouleh و همکاران (2015) مطابقت داشت.



شکل 2- تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بر ضریب شکست روغن دان سیاه

(حروف انگلیسی مختلف در بالای هر ستون نشان از وجود اختلاف معنی داری در سطح 1 درصد می‌باشد)

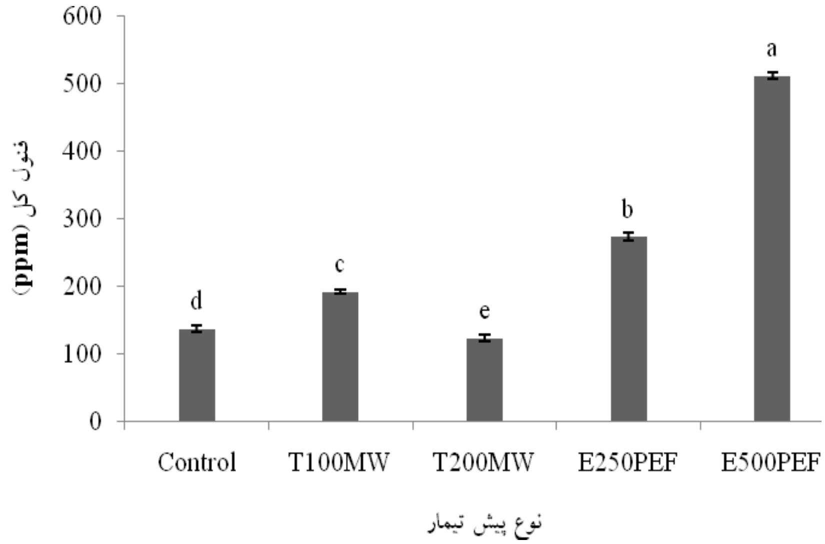
تأثیر نوع پیش‌تیمار بر فنول کل روغن‌ها

همان‌طور که در شکل 3 آورده شده است استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف، افزایش فنول کل روغن‌ها را در پی داشت به‌گونه‌ایی که بیشینه میزان فنول کل از پیش‌تیمار میدان الکتریکی پالسی با شدت میدان 500 kV/m به‌دست آمد که 313 درصد بیش از میزان فنول کل کمینه روغن‌ها (نمونه حاصل از پیش تیمار 200 ثانیه ریزموج) بود. اصول حرارت‌دهی با استفاده از انرژی ریزموج به اثرات مستقیم این امواج روی مولکول‌ها با مکانیسم‌های چرخش دو قطبی و انتقال یونی وابسته است. مولکول‌های قطبی همانند ترکیبات فنولی و محلول‌های یونی انرژی ریزموج را به دلیل داشتن گشتاور دو قطبی به میزان زیادی جذب می‌کنند که منجر به افزایش دما و تکمیل سریع واکنش می‌شود و این امر موجب وارد شدن هرچه بیشتر این ترکیبات به داخل روغن می‌شود (Proestos and Komaitis., 2008). نتایج این بخش با نتایج Beejmohun و همکاران (2007) و Jiao و همکاران (2014) مطابقت داشت. علت افزایش این ترکیبات با افزایش شدت میدان الکتریکی را نیز می‌توان به آزادسازی بیشتر این ترکیبات بر اثر میدان الکتریکی نسبت داد که با نتایج Sarkis و همکاران (2015) مطابقت داشت. از طرفی استفاده از ریزموج برای 200 ثانیه احتمالا به علت تخریب بیشتر این ترکیبات، میزان آنها در نمونه نهایی کاهش یافت.

تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر پایداری اکسایشی روغن

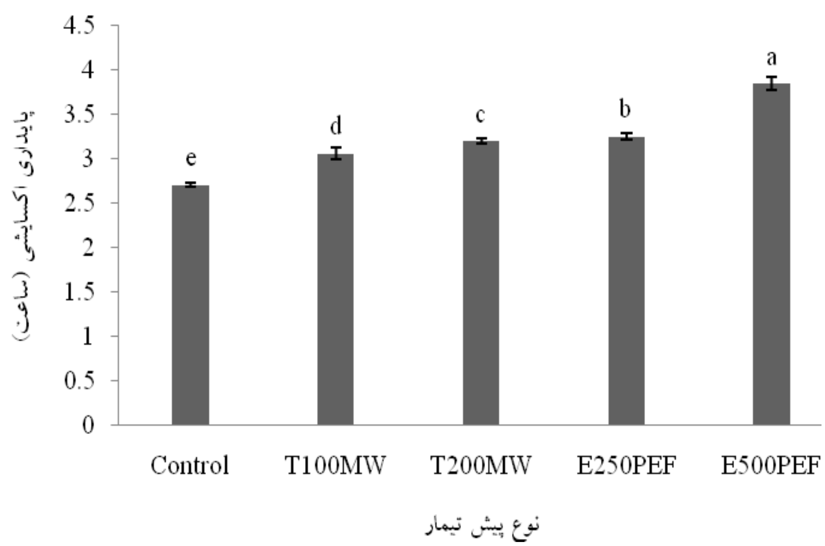
پایداری اکسایشی عبارت است از مدت زمان لازم برای رسیدن به نقطه‌ای که در آن یکی از کمیت‌های اکسایشی مانند عدد پراکسید یا عدد کربونیل پس از طی نمودن روند افزایشی خود به‌طور ناگهانی افزایش می‌یابد و باعث تولید طعم و بوی نامطلوب در روغن می‌شود (White,

1991). اکسایش باعث ایجاد فساد می‌شودکه بوی نامطلوب و کاهش کیفیت غذا را به دنبال دارد. روش‌های متعددی برای ارزیابی مواد حاصل از فرایندهای حرارتی که دارای آثار زیادی بر خواص شیمیایی، فیزیکی و تغذیه‌ای روغن هستند، وجود دارد که یکی از مهم‌ترین آن‌ها شاخص پایداری اکسایشی است (Holser *et al.*, 2003). اندازه‌گیری شاخص پایداری اکسایشی طی فرایندهای حرارتی روغن‌ها به تنهایی برای ارزیابی کیفیت روغن‌ها کافی نیست اما اطلاعاتی در خصوص وضعیت اولیه نمونه روغن در اختیار می‌گذارد (Matthaus, 2006).



شکل 3- تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بر فنول کل روغن دان سیاه

(حروف انگلیسی مختلف در بالای هر ستون نشان از وجود اختلاف معنی داری در سطح 1 درصد می‌باشد)



شکل 4- تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بر پایداری اکسایشی روغن دان سیاه

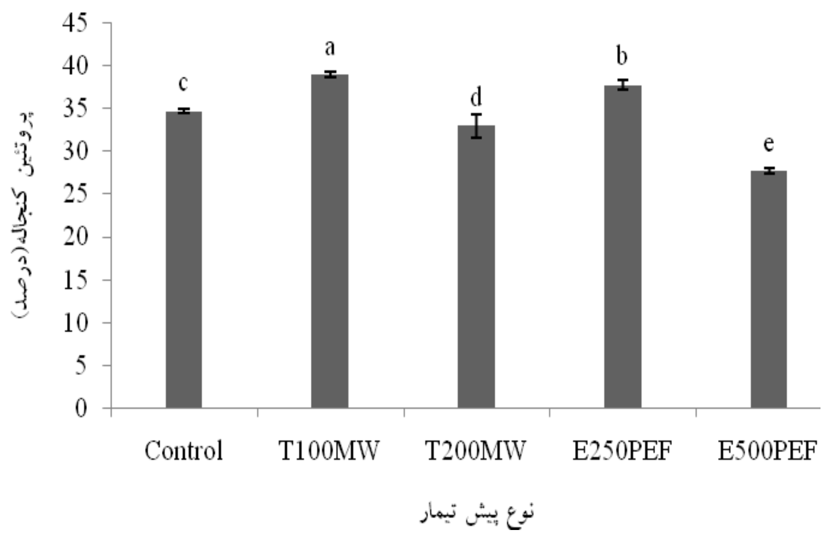
(حروف انگلیسی مختلف در بالای هر ستون نشان از وجود اختلاف معنی داری در سطح 1 درصد می‌باشد)

شکل 4 نشان داد که استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف منجر به افزایش پایداری اکسایشی روغن‌ها گردید به‌طوری که بیشینه پایداری اکسایشی زمانی به‌دست آمد که از میدان الکتریکی پالسی با شدت 500 kV/m استفاده شده بود. علت افزایش پایداری اکسایشی را

می‌توان به افزایش میزان ترکیبات توکوفرولی و ضد اکسنده در اثر استفاده از این پیش تیمارها نسبت داد. Spielmeyer و همکاران (2009) و Guderjan و همکاران (2007) نیز بیان داشتند که استفاده از پیش تیمارهای مختلف منجر به افزایش پایداری اکسایشی روغن‌ها می‌شود. Lee و همکاران (2004) نشان دادند که اعمال تیمار ریزموج بر گلرنگ، افزایش پایداری روغن حاصله را به همراه داشت. همچنین آنها بیان کردند که پایداری بالاتر روغن بدست آمده از نمونه تیمار شده در ریزموج ممکن است با تشکیل محصولات واکنش قهوه‌ای شدن غیرآنزیمی، طی فرآیند برشته کردن در ارتباط باشد. مطالعات صورت گرفته روی محصولات حاصل از واکنش میلارد نشان داد که این ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی می‌باشند. Bakhshabadi و همکاران (2018) بیان داشتند که استفاده از ریزموج و میدان الکتریکی پالسی منجر به افزایش پایداری اکسایشی روغن سیاه دانه شد.

تأثیر نوع پیش‌تیمار بر میزان پروتئین کنجاله

استفاده بهینه از پروتئین مورد نیاز بدن تابع قابلیت هضم و الگوی اسیدهای آمینه ضروری در منابع غذایی بوده که برای بدن فراهم می‌گردد. از این‌رو تعیین مقدار پروتئین و ارزیابی مواد غذائی مورد مصرف، در برنامه‌ریزی‌های غذا و تغذیه به‌جهت تأمین نیازهای زیستی انسان لازم می باشد (تقی‌زاده و همکاران، 1385). از طرف دیگر قیمت‌گذاری کنجاله در کارخانجات روغن‌کشی بر مبنای میزان پروتئین و رطوبت می‌باشد (Rostami *et al.*, 2014). آنالیز واریانس داده‌های حاصل از انجام آزمایشات نشان داد که نوع پیش‌تیمار بر میزان پروتئین کنجاله تأثیر کاملا معنی‌دار داشت ($P<0/01$). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از پروتئین کنجاله (شکل 5) نشان داد که بیشینه و کمینه میزان پروتئین کنجاله به‌ترتیب از نمونه تیماردیده شده با 100 ثانیه ریزموج و 500 kV/m میدان الکتریکی پالسی به‌دست آمد به عبارت دیگر استفاده از تیمارهای مختلف (در زمان‌ها و شدت‌های میدان الکتریکی پایین ریزموج و میدان الکتریکی پالسی) در استخراج روغن باعث افزایش میزان پروتئین نسبت به نمونه فاقد تیمار گردید که علت این پدیده را می توان به استخراج بیشتر روغن از دانه‌ها و در نتیجه افزایش درصد پروتئین باقیمانده در کنجاله ها نسبت داد. Choi و همکاران (2006) و Sarkis و همکاران (2015) نیز به ترتیب افزایش میزان پروتئین استخراجی را توسط روش‌های ریزموج و میدان الکتریکی پالسی گزارش کردند.



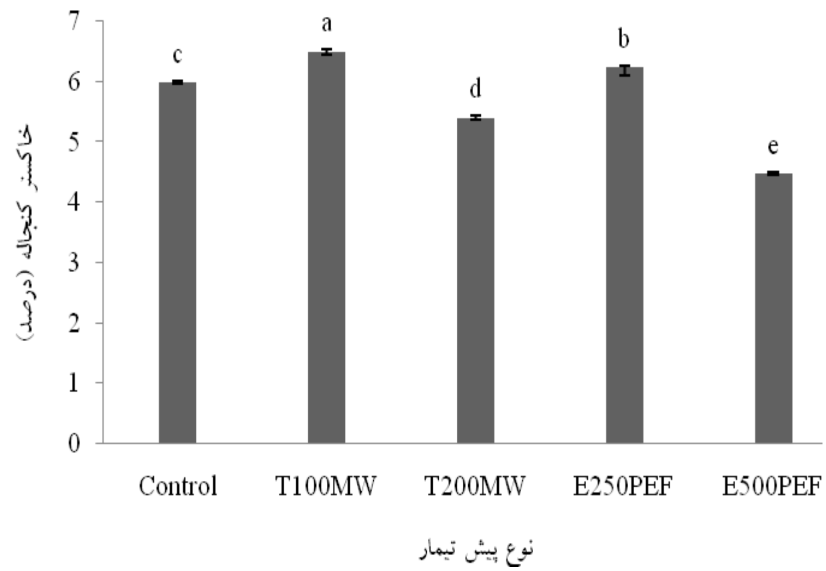
شکل5-تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بر پروتئین کنجاله دان سیاه

(حروف انگلیسی مختلف در بالای هر ستون نشان از وجود اختلاف معنی داری در سطح 1 درصد می‌باشد)

تأثیر پیش تیمارهای مختلف بر میزان خاکستر کنجاله

شکل 6 نشان داد که پیش‌تیمارهای ریزموج و میدان الکتریکی پالسی بر میزان خاکستر کنجاله دان سیاه، تأثیری مشابه این پیش‌تیمارها بر پروتئین کنجاله داشت به‌گونه‌ایی که بیشینه میزان خاکستر کنجاله مربوط به نمونه حاصل از پیش‌تیمار ریزموج با 100 ثانیه فرایند بود که این پیش‌تیمار بیشترین میزان راندمان استخراج روغن و همچنین پروتئین کنجاله را نیز داشت. نتایج این بخش با نتایج Hefnawy (2011) که از روش‌های مختلف برای پختن عدس

استفاده نموده بود و بیان داشته بود که استفاده از ریزموج به‌علت خروج مواد معدنی از ماده در طول پختن، میزان خاکستر کاهش می‌یابد در تضاد بود ولی با نتایج بخش آبادی (1396) که بیان نموده بود استفاده از پیش‌تیمار ریزموج و میدان الکتریکی پالسی به علت خروج بیشتر روغن از دانه، میزان خاکستر کنجاله‌ها افزایش می‌یابد، کاملا مطابقت داشت به عبارت دیگر هرچه میزان روغن استخراج شده از دانه‌ها بیشتر باشد درصد خاکستر کنجاله بیشتر خواهد بود.



شکل6- تأثیر پیش‌تیمارهای مختلف بر خاکستر کنجاله دان سیاه

(حروف انگلیسی مختلف در بالای هر ستون نشان از وجود اختلاف معنی داری در سطح 1 درصد می‌باشد)

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از پیش‌تیمارهای ریزموج و میدان الکتریکی پالسی در استخراج روغن منجر به افزایش ترکیبات فنولی کل، راندمان استخراج روغن، پایداری اکسایشی، پروتئین و خاکستر کنجاله می‌شود هرچند در زمان‌های بالاتر ریزموج و همچنین شدت‌های میدان الکتریکی بیشتر ممکن است نتیجه عکس داشته باشد. از طرفی مشخص گردید که استفاده از پیش‌تیمارهای مختلف تأثیری بر ضریب شکست روغن‌ها ندارد. در پایان، نتایج این مطالعه مشخص کرد که استفاده از پیش‌تیمارهای ریزموج (برای 100 ثانیه) و میدان الکتریکی پالسی (با شدت میدان الکتریکی 250 kV/m) می‌تواند در استخراج روغن از دان سیاه به علت افزایش راندمان استخراج و همچنین افزایش ترکیبات مفید موجود در روغن بسیار مفید باشد.

منابع

بخش آبادی، ح. 1396. بهینه‌سازی و مدل‌سازی استخراج روغن از سیاه‌دانه به کمک پیش‌تیمارهای میدان الکتریکی متناوب و ریز موج. رساله جهت اخذ درجه دکتری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. 206 صفحه.

بخش آبادی، ح.، میرزایی، ح.ا.، قدس‌ولی، ع.ر.، جعفری، س.م.، ضیایی فر، ا.م. و بیگ بابایی، ع. 1397. بهینه‌سازی فرایند استخراج روغن از سیاه‌دانه با پیش‌تیمار میدان الکتریکی متناوب (PEF). نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. 6 (3): 221-234.

تقی‌زاده، م.، عاصمی، ذ.، شاکر حسینی، ر.، امین پور، آ. ولائی، ن. 1385. ارزیابی و مقایسه زیستی کیفیت پروتئین سویا. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام. 14(4): 1-8.

مقیمی، م.، بیگ بابایی، ع.، بخش آبادی، ح.، محمدی، م. و رشیدزاده، ش. 1397. تاثیر فرایند ریزموج بر پایداری اکسیداتیو و برخی خصوصیات کمی و کیفی روغن استخراج شده از دانه‌های کلزا. نشریه پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی. 7(1): 65-74.

واثقی، آ. و دوازده امامی. س. 1394. مقایسه درصد روغن و میزان عناصر معدنی بذر گیاه جدید دان سیاه (*Guizotia abyssinica Cass*) با دو توده ایرانی و هندی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.). نشریه تولید گیاهان روغنی. 2 (2): 13-24.

Adarsh, M. N., Kumari, P. and Devi, S. 2014. A review of Guizotia abyssinica: A multipurpose plant with an economic prospective. *Journal of Industrial Pollution Control*, 30(2): 277-280.

AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: *Association of Official Analytical Chemists.*

AOCS. 1993. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOCS Press, Champaign, IL. 762p

Asavasanti, S., Ristenpart, W., Stroeve, P. And Barrett, D.M. 2011. Permeabilization of Plant Tissue by Monopolar Pulsed Electric Field: Effect of Frequency. *Journal of Food Science*. 76(1): 98-111.

Azadmard-Damirchi, S., Habibi, N. F., Hesari, J., Nemati, M. and Fathi, A. B. 2010. Effect of pretreatment with microwaves on oxidative stability and nutraceuticals content of oil from rapeseed. *Food Chemistry*. 121:1211–1215.

Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H. and Buchbauer, G. 2008. Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chemistry*. 108: 1122–1132.

Bakhshabadi, H., Mirzaei, H., Ghodsvali, A., Jafari, S. M., Ziaiifar, A. M., and Farzaneh, V. 2017. The effect of microwave pretreatment on some physico-chemical properties and bioactivity of Black cumin seeds' oil. *Industrial crops and products*. 97: 1-9.

Bakhshabadi, H., Mirzaei, H., Ghodsvali, A., Jafari, S. M. and Ziaiifar, A. M. 2018. The influence of pulsed electric fields and microwave pretreatments on some selected physicochemical properties of oil extracted from black cumin seed. *Food science & nutrition*, *6*(1), 111-118.

Barbosa-Canovas, G. V. and Zhang, Q. H. 2001. In Pulsed Electric Fields in Food Processing *Fundamentals Aspects and Applications*. Lancaster, PA: *Technomic Publishing* Co., Inc..

Beejmohun, V., Fliniaux, O., Grand, E., Lamblin, F., Bensaddek, L., Christen, P., Kovensky, J., Fliniaux, M.A. and Mesnard, F. 2007. Microwave-assisted Extraction of the Main Phenolic Compounds in Flaxseed. *Phytochemical Analysis*. 18: 275–282.

Choi, I.; Choi, S.J.; Chun, J.K. and Moon, T.W. 2006. Extraction yield of soluble protein and microstructure of soybean affected by microwave heating. *Journal of Food Processing and Preservation*. 30: 407–419.

Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M. and Cintas, P. 2007. Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves. Ultrasonics Sonochemistry. 15(5): 898-902.

Guderjan, M., Elez-Martínez, P. and Knorr, D. 2007. Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of rapeseed oil. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 8: 55–62.

Guderjan, M., Topfl, S., Angersbach, A. and Knorr, D. 2005. Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils. *Journal of Food Engineering*. 67 (3): 281–287.

Hefnawy, T.H. 2011. Effect of processing methods on nutritional composition and anti-nutritional factors in lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Science*. 56(2): 57–61.

Holser, R.A. 2003. Properties of refined milkweed press oil. Industrial crops and products. 18: 133-138.

Jiao, J., Li, Z.G., Gai, Q-Y, Li, X.G., Wei, F.U., Fu, Y.J. and Ma, W. 2014. Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds and evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities. *Food Chemistry*. 147: 17-24.

Kittiphoom, S. and Sutasinee, S. 2015. Effect of microwaves pretreatments on extraction yield and quality of mango seed kernel oil. *International Food Research Journal*. 22(3): 960-964.

Lee, Y.C., Oh, S.W., Chang, J. and Kim, I.H, 2004. Chemical composition and oxidative stability of safflower oil prepared from safflower seed roasted with different temperatures. *Food Chemistry* 84: 1–6.

Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S. 2007. Microwave assisted extraction—an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. Pharmacognosy reviews. 1(1): 7-18.

Matthaus, B. 2006. Utilization of high – oleic rapeseed oil for deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *Europian Journal of Lipid Science and Technology*. 108: 200-211.

Melaku, E. T. 2015. Evaluation of Ethiopian nigerseed (*Guizotia abyssinica Cass*) production, seed storage and virgin *oil expression*.

Mohamed, H.M.A. and Awatif, I.I. 1998. The use of sesame oil unsaponifiable matter as a natural antioxidant. *Food Chemistry*. 62: 269-276.

Momeny, E., Rahmati, S. and Ramli, N. 2012. Effect of Microwave Pretreatment on the Oil Yield of Mango Seeds for the Synthesis of a Cocoa Butter Substitute. *Journal of Food Processing & Technology*. 3(7): 1-7.

Nde, B.D., Boldor, D. and Astete, C. 2015. Optimization of microwave assisted extraction parameters of neem (Azadirachta indica A. Juss) oil using the Doehlert's experimental design. *Industrial Crops and Products*. 65: 233–240.

Pradhan, K., Mishra, R. and Paikary, R. 1995. Genetic variability and character association in niger. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 44(4): 457-459.

Proestos, C. and Komaitis, M. 2008. Application of microwave-assisted extraction to the fast extraction of plant phenolic compounds.Lebensm.Wiss.u.*Technol*. 41: 652–659.

Qu, X.J., Fu, Y.J., Luo, M., Zhao, C.J., Zu, Y.G., Li, C.Y., Wang, W., Li, J. and Wei, Z.F. 2013. Acidic pH based microwave-assisted aqueous extraction of seed oil from yellow horn (*Xanthoceras sorbifolia Bunge*.). *Industrial Crops and Products*. 43: 420– 426.

Quass, D. W. 1997. Pulsed electric field processing in the food industry. A status report on pulsed electric field. Palo Alto, CA. *Electric Power Research Institute*. CR- 10974. 23-35.

Ramadan, M. F. and Moersel, J.T. 2003. Phospholipid composition of niger (*Guizotia abyssinica Cass*.) seed oil. *LWT-Food Science and Technology*.36(2): 273-276.

Riley, K.W. and Belayneh, H. 1989. Niger. Oil Crops of the World. 394-403.

Rostami, M., Farzaneh, V., Boujmehrani, A., Mohammadi, M. and Bakhshabadi, H. 2014. Optimizing the extraction process of sesame seeds oil using response surface method on the industrial scale. *Industrial Crops and Products*. 58:160–165.

Sarkis, J.R., Boussetta, N., Blouet, C., Tessaro, I.C., Ferreira Marczak, L.D. and Vorobiev, E. 2015. Effect of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges on polyphenol and protein extraction from sesame cake. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 29: 170–177.

Schroeder, S., Buckow, R. and Knoerzer, K. 2009. Numerical Simulation of Pulsed Electric Field (PEF*)* Processing for Chamber Design and Optimization, International Conference on CFD in the Minerads and Process Industries CSIRO, 17th, *Australia*.

Spielmeyer, A., Wagner, A. and Jahreis, G. 2009. Influence of thermal treatment of rapeseed on the canolol content. *Food Chemistry*. 112: 944–948.

Tale Masouleh, Z., Asadollahi, S. and Eshaghi, M.R. 2015. Effects of Pulsed Electric Fields as a Pre-Treatment on Yield Extraction and some Quality Properties of Sesame Oil. *International Journal of Review in Life Sciences*. 5(10): 1100-1104.

Uquiche, E., Jeréz, M. and Ort, Z.J. 2008. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extractionnyield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana Mol*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 9: 495–500.

White, P.J. 1991. Methods for measuring changes in deep-fat frying oils. *Food Technology*. 45: 75-80.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 4, Oct- Nov 2019, p. 485-496

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 4، مهر - آبان 1398، ص. 496-485

The influence of pulsed electric field and microwave pre-treatments on some characteristics of oil and meal obtained from Niger seed

N. M. Mohseni [1], H. O. Mirzaei [2]*, M. Moghimi [3]

Received: 2018.07.25
Accepted: 2019.04.26

Introduction: Niger seed with scientific name of *Guizotia abyssinica Cass* from *Asteraceae* family is a dicotyledonous and one year plant that is one of the main and most important oil sources in Ethiopia and India. In different researches the amount of extracted oil from the seed of this plant has been mentioned about 37 to 50 percent. The composition of fatty acid in this plant is similar to safflower and sunflower seed oil (of course with high percentage of Linoleic acid that may reach more than 85 percent). Generally, the mechanical press is one of the most popular methods for extracting oil from vegetable oil seeds all over the world. Increase in temperature will lead to more and faster extraction of oil from seeds and will increase the extraction efficiency. Microwave, is the non-ionized electromagnetic wave with frequency between 300 MHz to 300 GHz and are placed between the radio and infrared waves in the electromagnetic spectrum, consumers' increasing demand for higher quality products and with minimized waste of nutrients in comparison with conventional thermal methods, caused an increase in use of non-thermal methods such as pulsed electric field methods. In current research it is tried to study the influence of pulsed electric fields and microwave pre-treatments on some characteristics of oil and meals obtained from Niger seed.

Materials and methods: To perform this research, the Niger seeds (contain 40% oil) was prepared from local market of Fars Province (Iran). Then the external materials such as weed seeds, sand and stones were separated and removed manually and the seeds were treated with microwave pre-treatment with power of 900W and different procedure times (100 and 200 seconds), and pulsed electric field with two levels of electric field intensities of (250 and 500 kV/cm with 30 pulses). After performing these treatments, the seeds oil was extracted with screw press at the speed of 34 rpm then various experiments, such as the efficiency amount of oil extraction, refractive index, total phenolic compounds, oxidative stability, protein and ash of meals, were performed on the oil in a complete random model with three repetitions.

Results and discussions: The comparing group mean test with Duncan's method indicated that applying pulsed electric fields and microwave pre-treatments in lower times and intensities caused an increase in extraction efficiency. But with increase in the microwave time and also increase in the intensity of pulsed electric field, the efficiency of oil extraction was decreased in such a manner that when a pulsed electric field with intensity of 500 kV/m was used, the oil extraction had the lowest extraction efficiency. The increase of oil extraction efficiency using microwave can be related to more fracture or disintegration of cells which contain oil during treating with microwave. The reason for increase in the efficiency of oil extraction using the pulsed electric fields can be attributed to the electrical decomposition of cells and more permeability of them. A decrease in the oil extraction efficiency with excessive increase in the microwave time and intensity of electric field is probably attributed to more degradation of seeds internal structure and closure of oil outlet duct. Analysis of data obtained from oils refractive index indicated that the pre-treatment type didn't have any significant influence on the oils refractive index ($P>0.05$) and the amount of refractive index was 1.478 for all of the measured samples (figure 2). Applying various pre-treatments, caused an increase in the amount of total phenol and oxidative stability of oils in the manner that the maximum amount of total phenol and oxidative stability was obtained from pulsed electric field pre-treatment with the intensity of 500 kV/m. The amount of tocopherol and antioxidant compounds can be the reason for this observation because of applying these pre-treatments. Variance analysis of data obtained from performing tests and experiments indicated that the influence of pre-treatment type on the amount of protein and meals ash was completely significant ($P<0.01$). Comparison of the means in data obtained from experiments showed that the maximum and minimum amount of protein and meals ash in the treated sample was obtained with 100 seconds microwave and the pulsed electric fields with 500 kV/m intensity, respectively, in other words, applying various treatments (in low times and electric field intensities of microwave and pulsed electric fields) in oil extraction

1. Department of Food Science and Technology, Sari Branch, Islamic Azad University, Sari, Iran
2. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Department of Chemistry, Gonbad Kavoos Branch, Islamic Azad University, Gonbad Kavoos,Iran
(* Corresponding author E-mail: mirzaeii.habib@gmail.com)

led to an increase in the amount of protein and ash in comparison with non-treated sample and the reason of this fact can be attributed to the more extraction of oil from seeds and consequently an increase in the % protein and ash remained in the meals. Finally, the results of this research indicated that applying microwave (for 100 seconds) and pulsed electric field (with electric field intensity of 250 kV/m) can be very useful in extracting oil from Niger seed because of increase in the extraction efficiency and also increase of useful compounds in oil.

Key words: oil extraction, Niger seeds, microwave, meals, pulsed electric field.